



散乱光がハイマツ生態系の 二酸化炭素吸収に及ぼす影響

信州大学・微気象学研究室
西一輝

【 散乱光が総一次生産に及ぼす影響 】

- 散乱光はあらゆる角度で入射し、キャノピー内で多くの葉が光を獲得できるため、**CO₂吸収効率***は高い

*CO₂吸収効率はある日射量に対する総一次生産の速度として定義

ex. 広葉樹林, 針葉樹林, 混交林, 草地, ツンドラ低木林

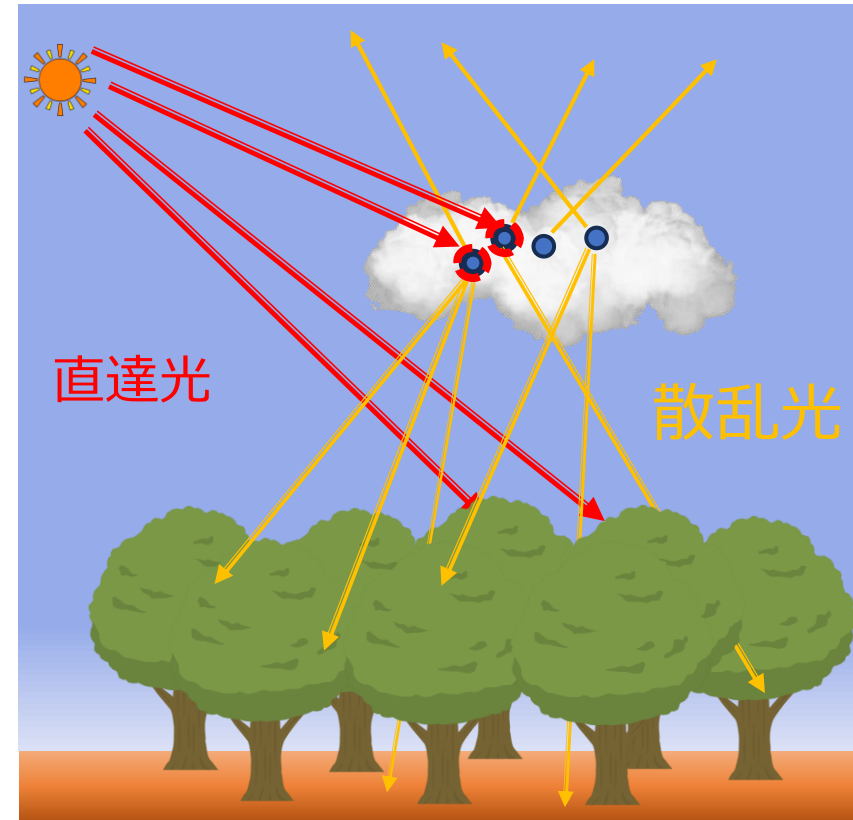
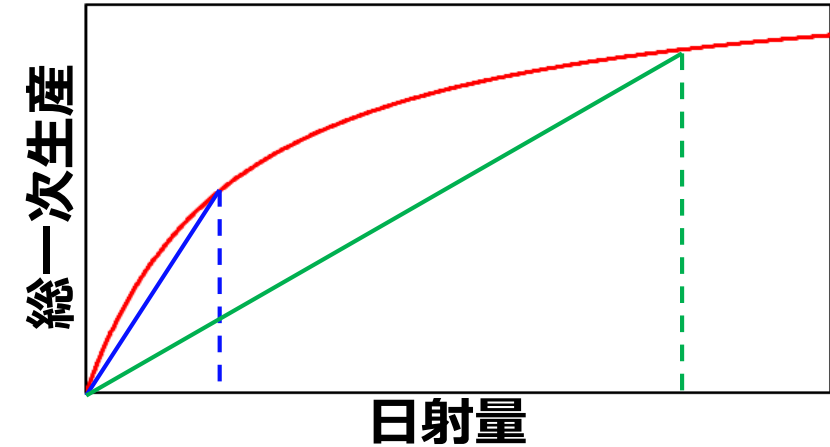
(Alton et al., 2008; Mercado et al., 2009; Gu et al., 2002; Niyogi et al., 2004)

- 一方で散乱光の割合が高い条件下では放射吸収, 及び後方散乱が増加するため総日射量自体は減少する

→ **総一次生産**には**散乱割合**と**日射量**の両方が影響を及ぼす

- **エアロゾル**による散乱と, **雲粒**による散乱では散乱光の**CO₂吸収効率が異なる** (Min, 2005)

→ 空の状態・散乱を引き起こす要因もCO₂吸収の制御要因

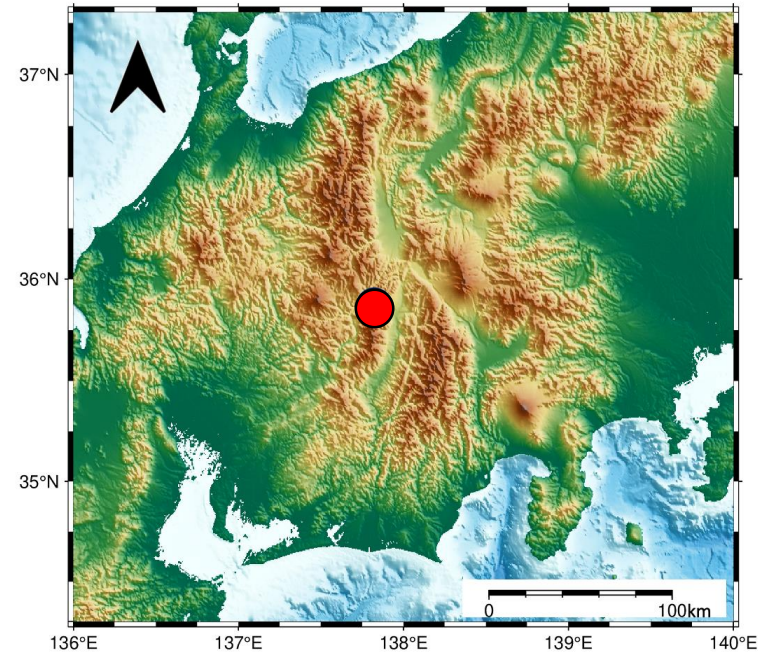


【問題点】

- **空の状態とCO₂交換量を同期観測**した研究は少ないため、空の状態や日射量及び、散乱割合によるCO₂吸収の制御には不明点が残されている
- **高山帯では雲が発生**しやすく、散乱光の影響を考慮することが**CO₂交換量の定量化**において重要であると考えられるが、高山帯での研究例はより一層少ない

【本研究の目的】

- 空の状態と散乱光の関係に着目して**散乱光がハイマツ生態系のCO₂吸収に及ぼす影響**を解明する



■ 木曽山脈の将棋ノ頭付近

植生：ハイマツ

樹高 約0.35m

葉面積指数 約4.5

標高：2640m

■ 尾根付近の斜面でCO₂交換量、気象を観測

CO₂交換量は渦相関法で観測

- ・ 30分ごとに平均値を算出 (西風, Footprintの70%がハイマツ生態系)
- ・ 正味のCO₂交換量から総一次生産を推定

気温, 地温, 相対湿度, 土壌水分, 日射量, 散乱日射量を観測

- ・ 日射量と散乱日射量から散乱割合を算出

【解析期間】 2022年・2023年の夏季



TLカメラ

【観測方法】

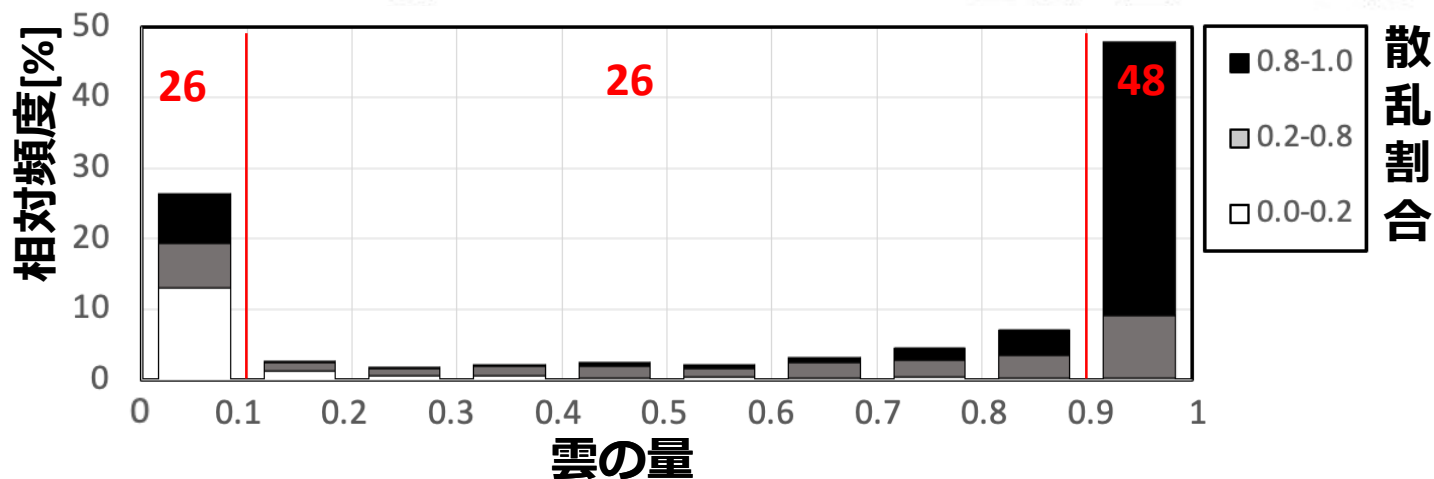
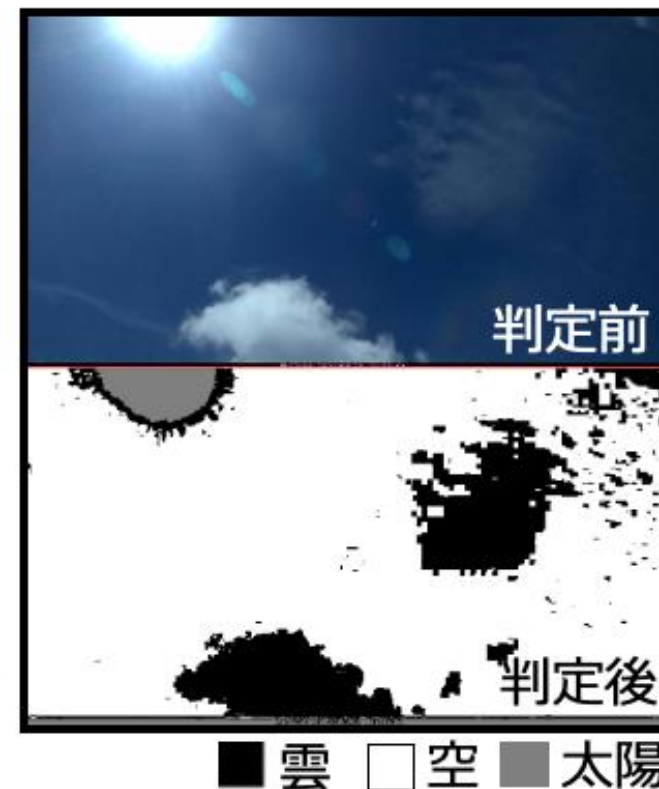
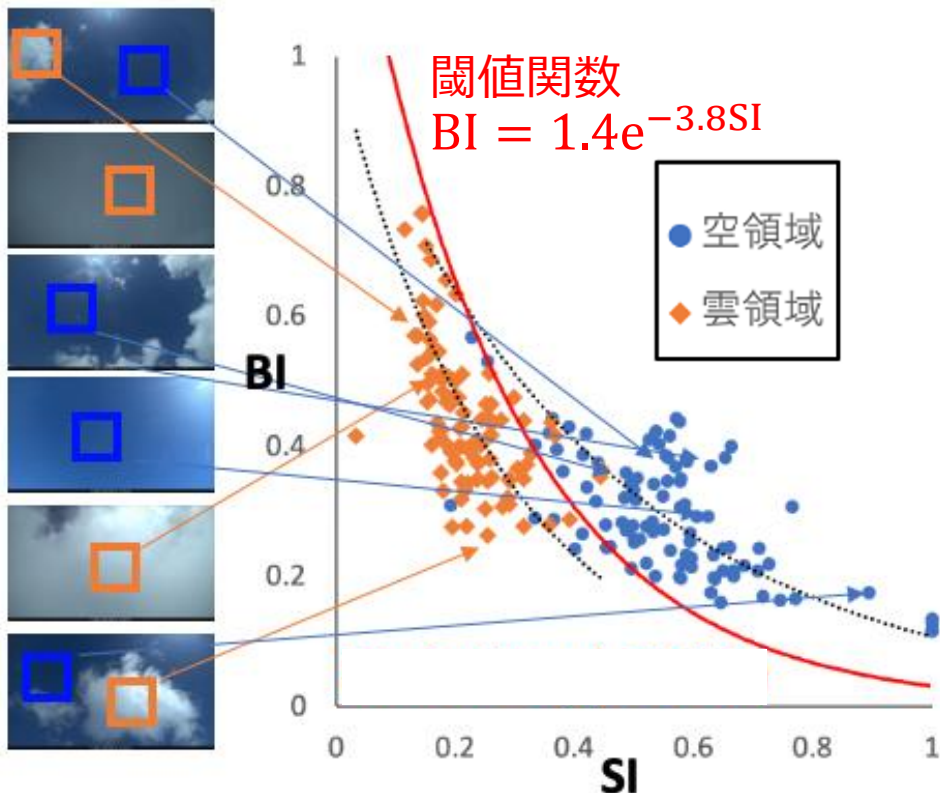
- TLカメラで日中の空を5分ごとに撮影
- カメラは2023年6月24日に設置

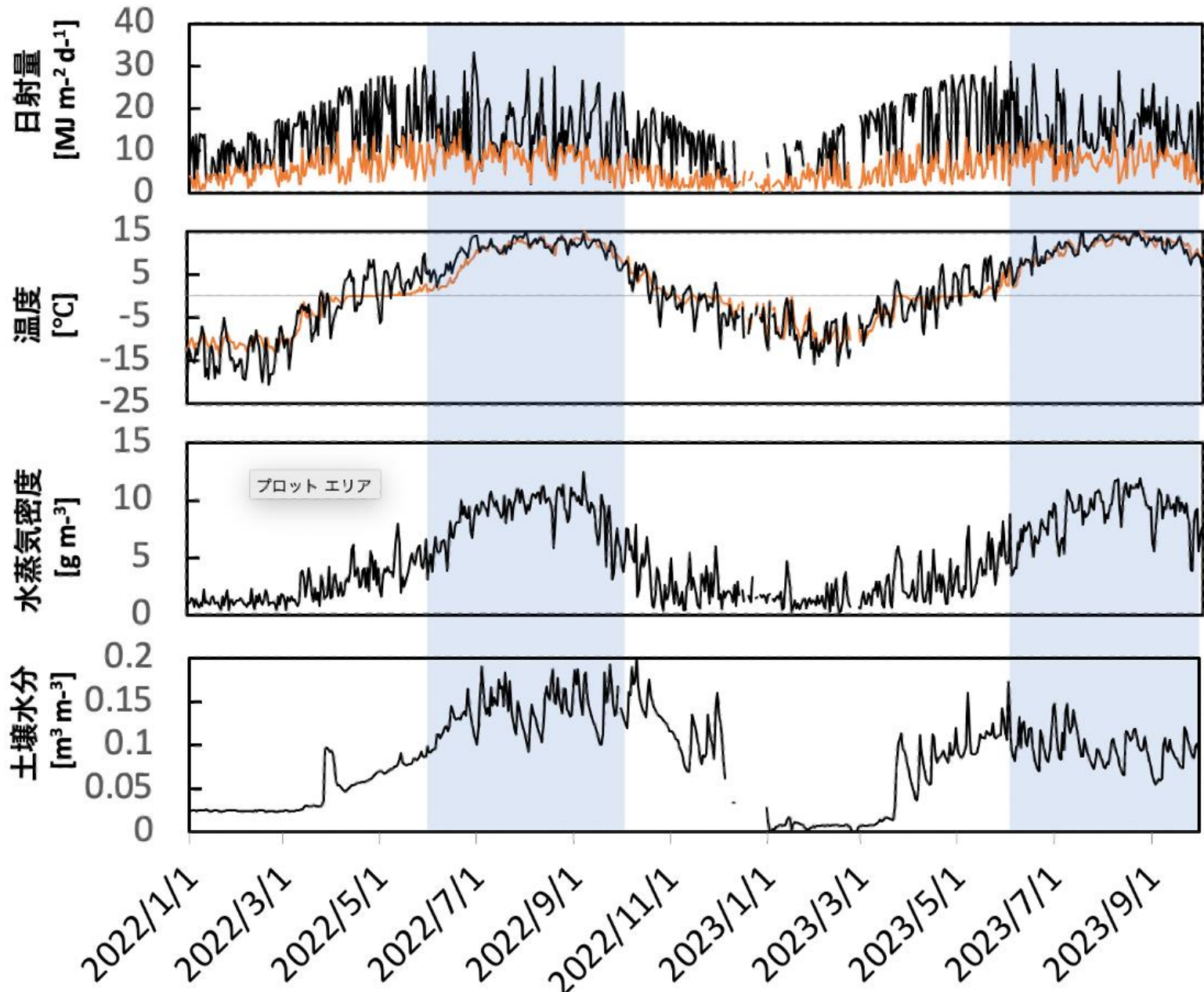
【解析方法】

空画像のRGB値による特徴量を利用

青さ $SI = \frac{\text{blue} - \text{red}}{\text{blue} + \text{red}}$

明るさ $BI = \frac{\text{red} + \text{green} + \text{blue}}{255 \times 3}$





— 散乱日射
— 総日射

— 地温
— 気温

	夏季平均
気温	10 °C
土壌水分	0.15
散乱割合	0.74

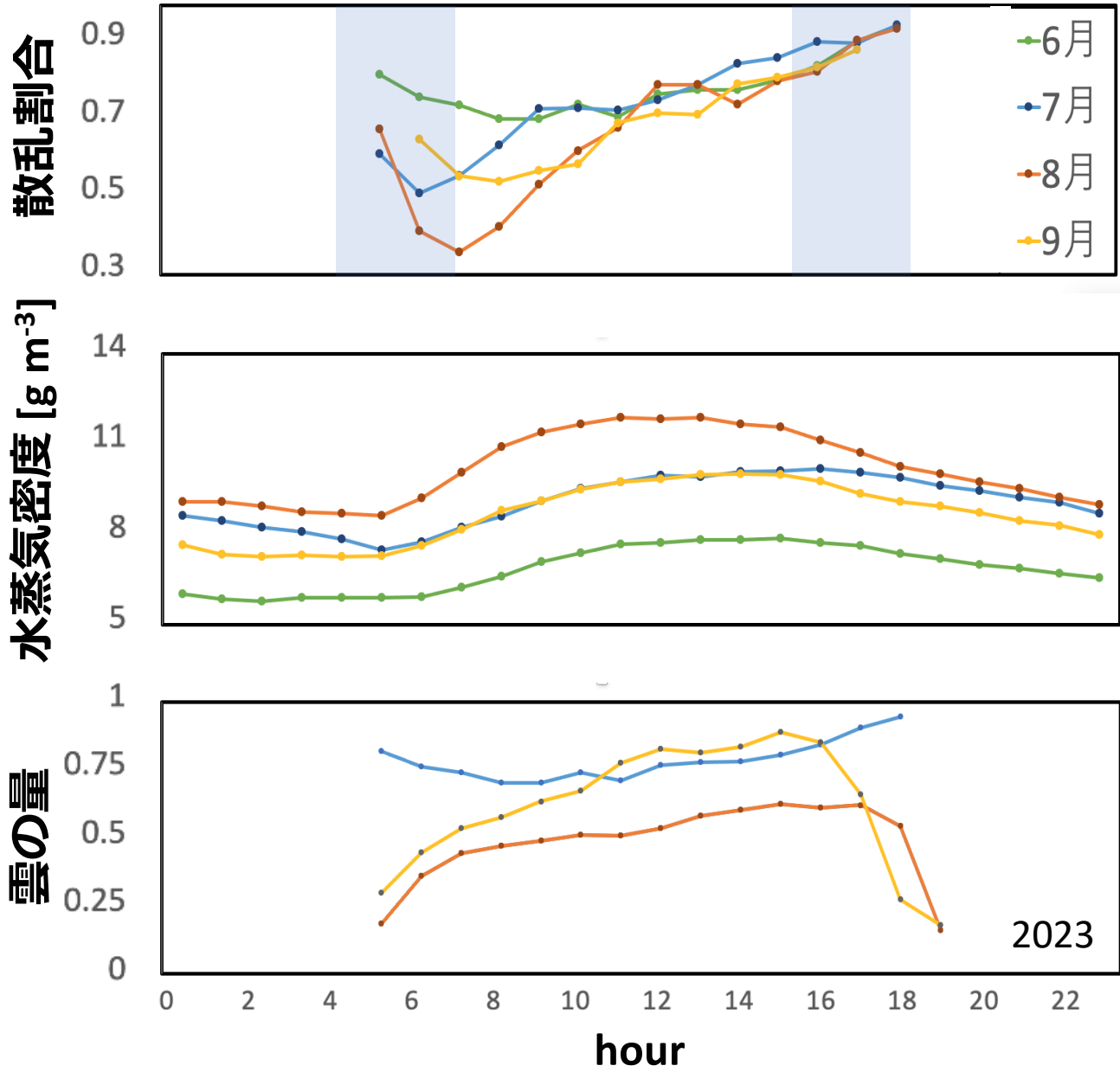
■ 散乱割合が高くなる頻度が高い

散乱割合が0.9以上になる相対頻度

本サイト	57%	福岡	27%
網走	54%	石垣島	21%
つくば	49%	南鳥島	21%

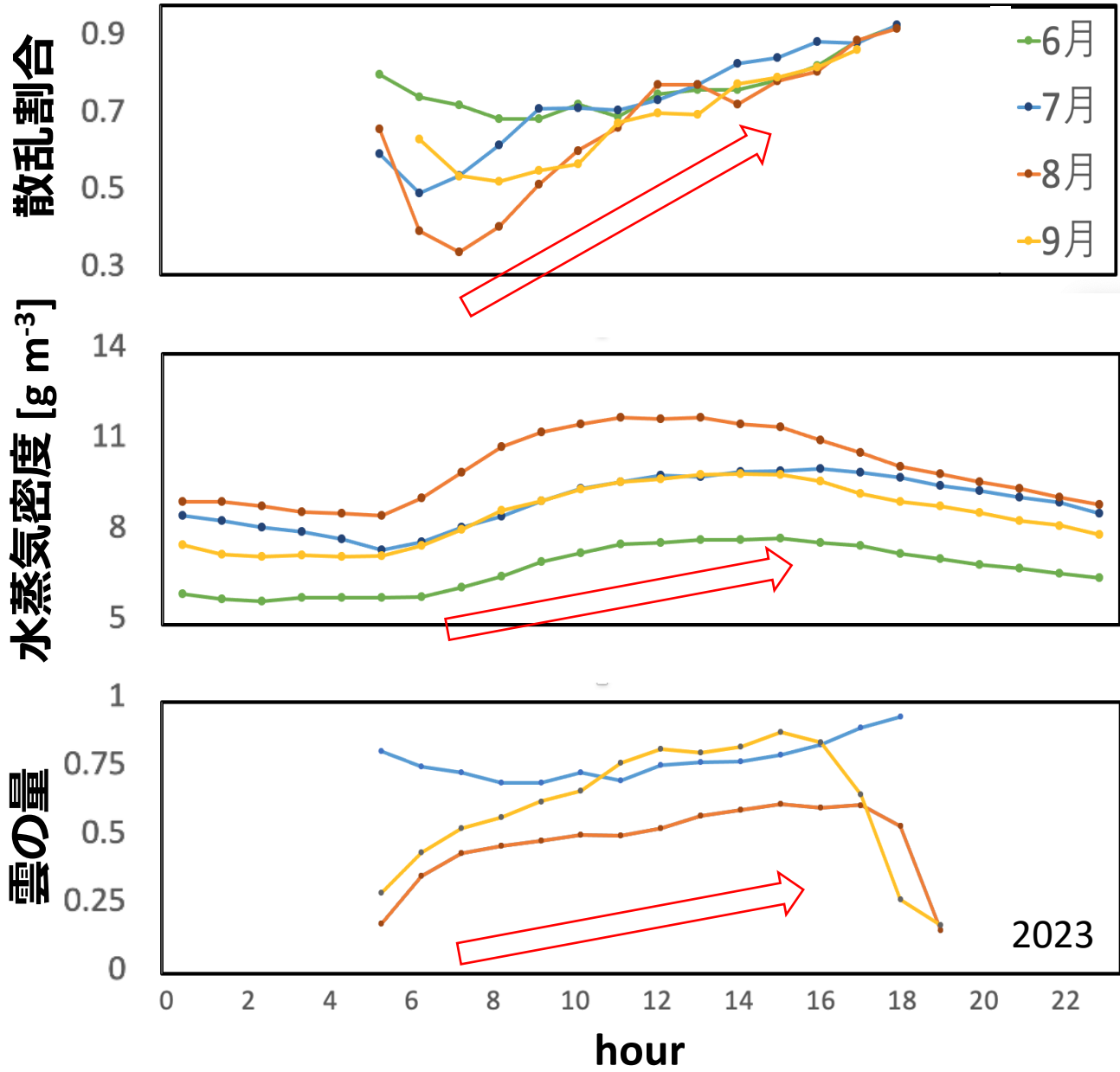
(2022, 気象庁より引用)

→ 雲が生じやすい高山帯特有の気象



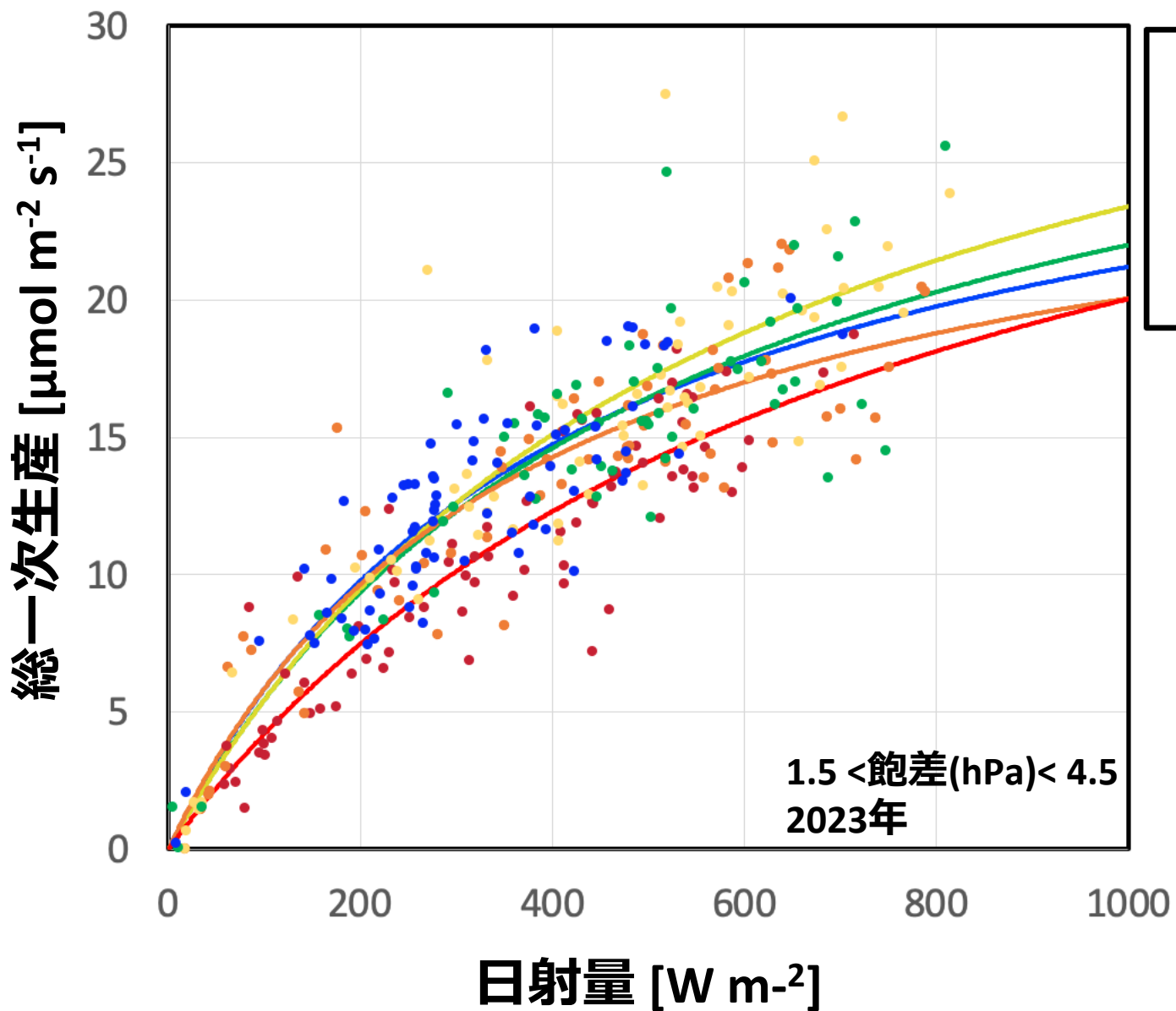
■ 散乱割合は大気路程が長くなる、日の出・日の入りの時に極大

→ 大気路程が長いほど空気分子による散乱が起きるため



■ 散乱割合は大気路程が長くなる、日の出・日の入りの時に極大
 → 大気路程が長いほど空気分子による散乱が起きるため

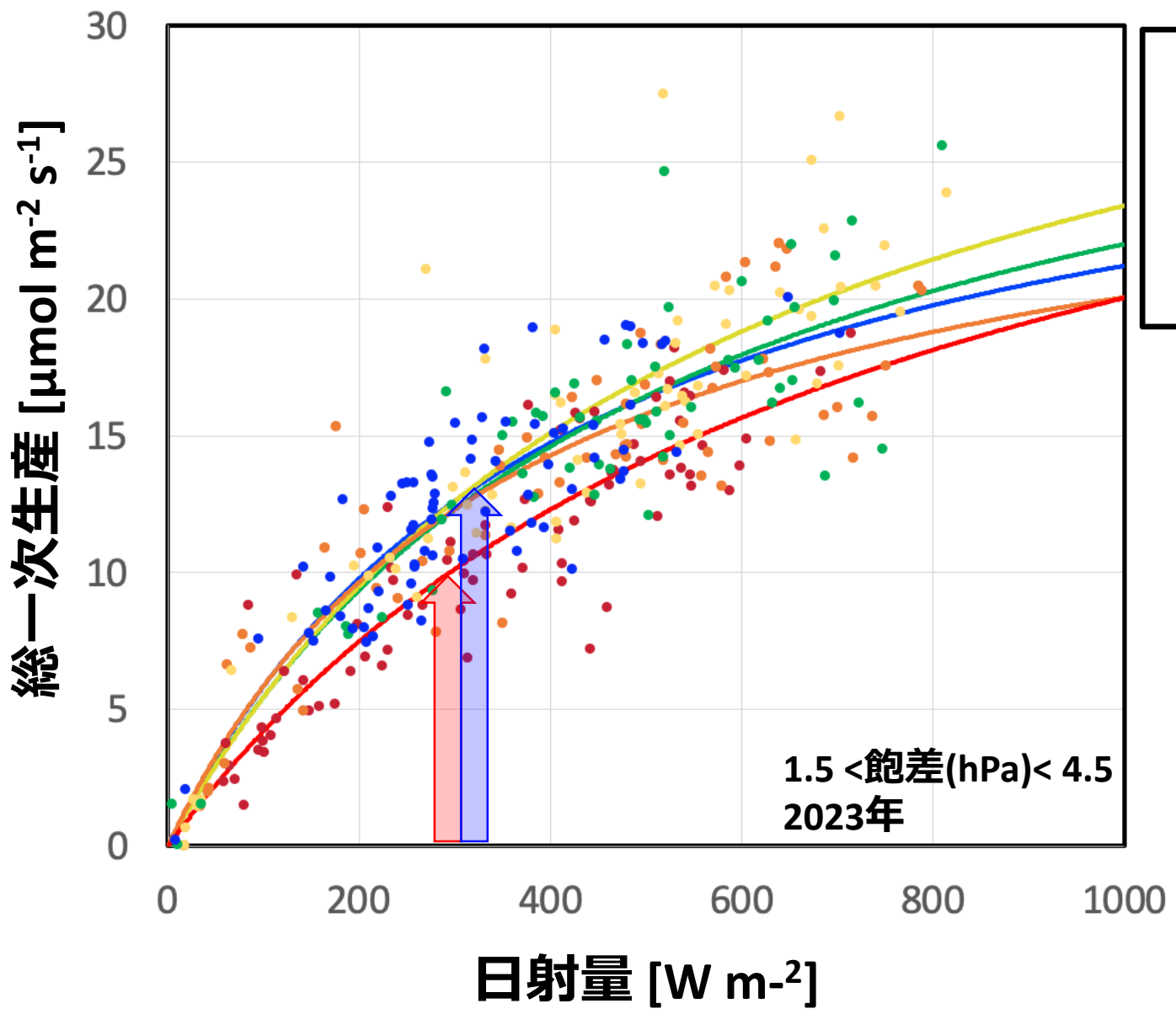
■ 散乱割合は水蒸気密度と雲の量と共に午後になるにつれて増加
 → 日中の谷風により盆地底から水蒸気が輸送され、午後に雲が発生



散乱割合

- 0.8-1.0
- 0.6-0.8
- 0.4-0.6
- 0.2-0.4
- 0.0-0.2

■ 総一次生産は日射量と共に増加



- 散乱割合**
- 0.8-1.0
 - 0.6-0.8
 - 0.4-0.6
 - 0.2-0.4
 - 0.0-0.2

- 総一次生産は日射量と共に増加
 - 日射量が同程度の場合、散乱割合の増加により総一次生産は増加
- 散乱割合の増加が CO_2 吸収効率を増加させていた

低光量における光利用効率 α

光 - 総一次生産曲線の初期の傾き

α は散乱割合 φ によって制御される

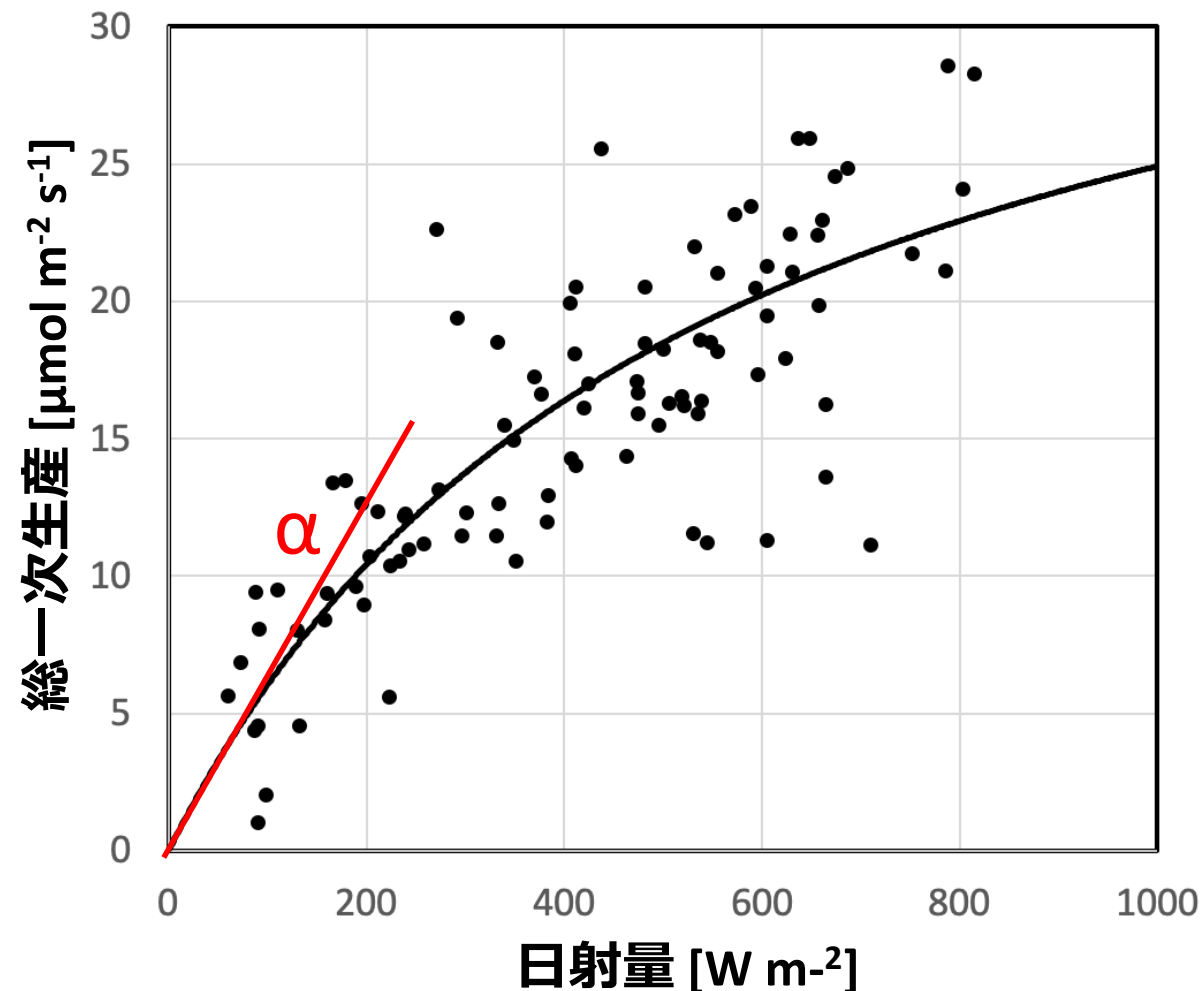
$$\alpha = \alpha_f \varphi + \alpha_r (1 - \varphi)$$

* α_f, α_r はそれぞれ散乱割合, 直達割合の回帰係数

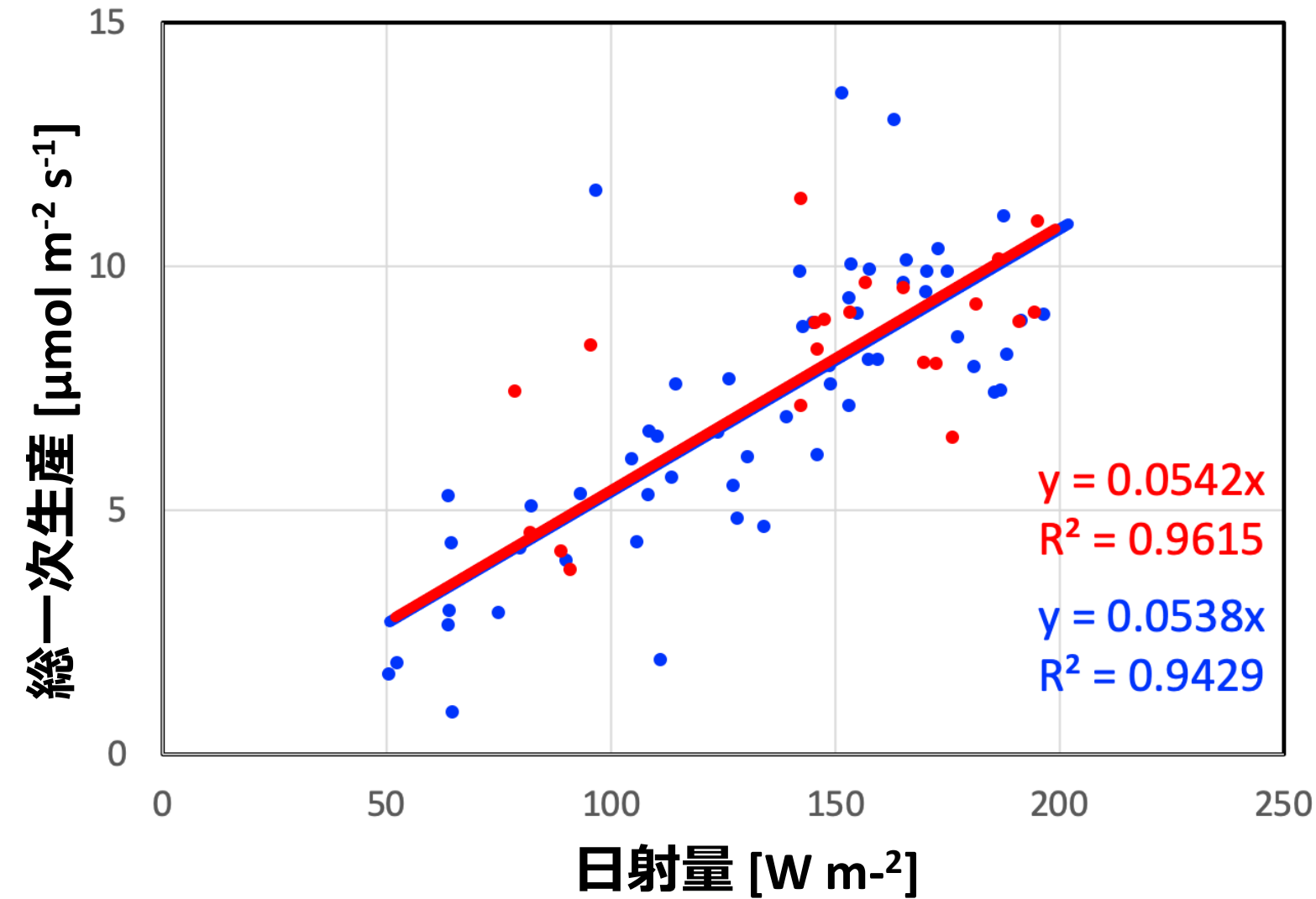
α_f が大きいほど散乱割合による α の制御が重要

生態系	α_f/α_r
ハイマツ (本研究)	2.63
アカマツ (針葉樹)	1.67
ポプラ (広葉樹)	2.50
混交林 (広葉樹)	2.81
稲	1.41
小麦	1.66

(Gu et al., 2002 より作成)

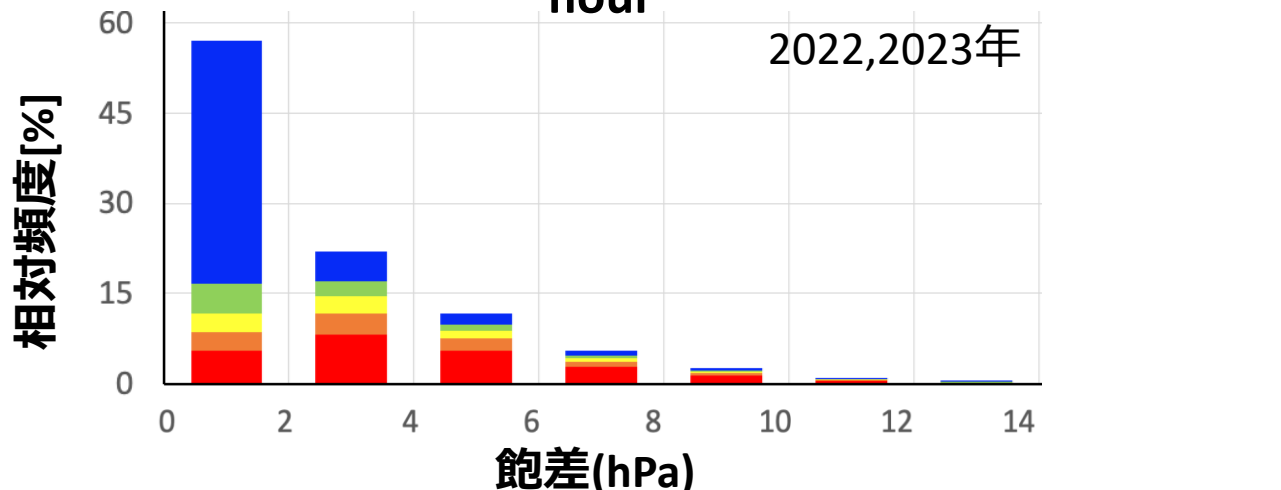
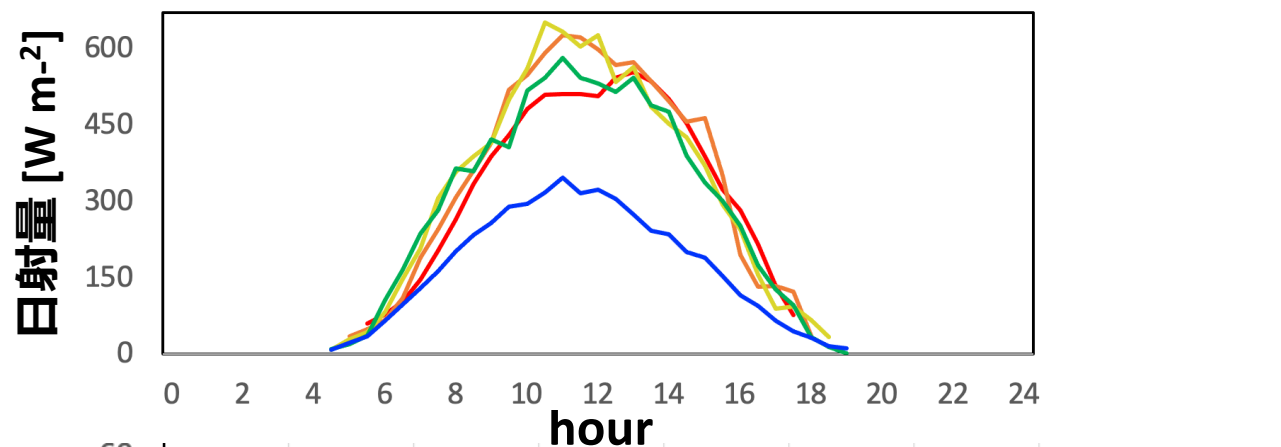
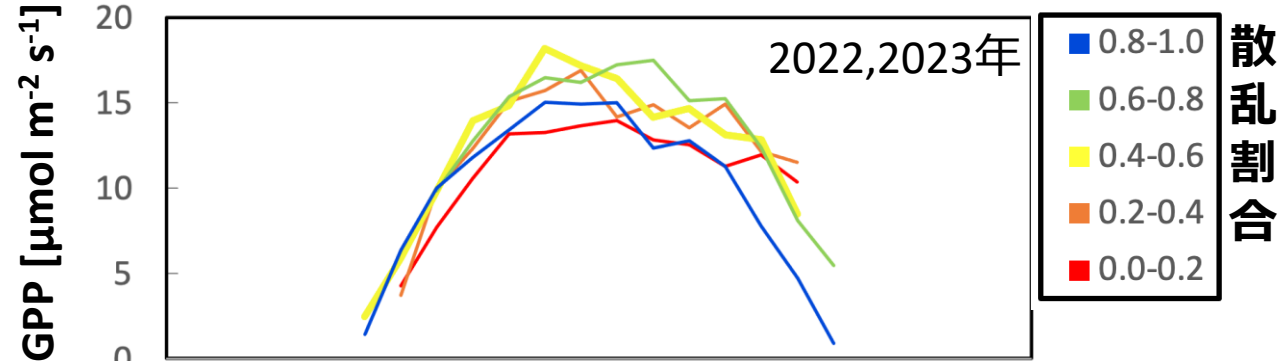


散乱割合の増加による CO_2 吸収効率の増加は他の生態系よりも比較的重要



雲粒	0.8 < 散乱割合	雲の量 > 0.9
雲以外	0.8 < 散乱割合	雲の量 < 0.1

■ 散乱を引き起こす要因の違いでは CO_2 吸収効率に差はない



■ 散乱割合が高い時と低い時では総一次生産が同程度

- CO₂吸収効率が高い
 - 飽差が低い
- 気孔が開きやすくなり総一次生産は増加

■ 散乱割合が極端な時より中程度な時の方が、総一次生産は大きい

- 適度に雲があり, 直達光と散乱光が共に多い
- CO₂吸収効率が比較的高い

■ 散乱割合は、午前から午後にかけて増加していた

→ 日中谷風によって盆地から水蒸気が輸送され雲が発生し、雲粒による散乱が増加

■ ハイマツ生態系においても、散乱割合の増加が CO_2 吸収効率を上昇させていた

→ 他の生態系よりも散乱割合による CO_2 吸収効率の制御が重要

雲が発生しやすい高山帯において、散乱割合の増加による CO_2 吸収効率の上昇は重要

→ 飽差の影響も考慮すると、低い日射量でも総一次生産は高く保たれていた